

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-091417

(43)Date of publication of application : 04.04.1997

(51)Int.Cl.

G06T 5/00
G06T 9/20

(21)Application number : 07-241841

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 20.09.1995

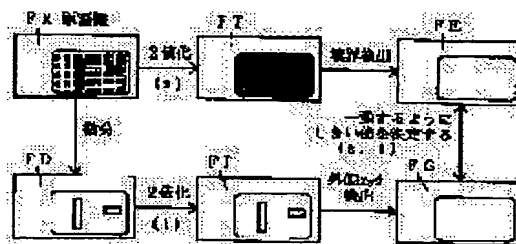
(72)Inventor : ENDO TOSHIO
TORIO TAKASHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR BINARIZING IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To extract an outer shape or contour of an object correctly even when an edge is included in the inside of the object.

SOLUTION: A border image FE is obtained by extracting a border from a binarized image FT obtained by an original image FR with a 1st threshold level (s). Furthermore, a differentiated binarization image FF is obtained by binarizing a differentiation image FD obtained by differentiating the original image FR by a 2nd threshold level (t), and an outer edge image FG is obtained by extracting an outer edge of the differentiation binarized image FF. The border image FE and the outer edge image FG are compared and a set of the threshold levels s, t is decided to enhance the degree of coincidence and the original image FR is binarized by using the decided threshold level (s).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.07.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3614215

[Date of registration] 12.11.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-17180

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 19.08.2004

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-91417

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T	5/00		G 0 6 F 15/68	3 2 0 Z
	9/20		15/70	3 3 5 Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-241841

(22) 出願日 平成7年(1995)9月20日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 遠藤 利生

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 島生 隆

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 久保 幸雄

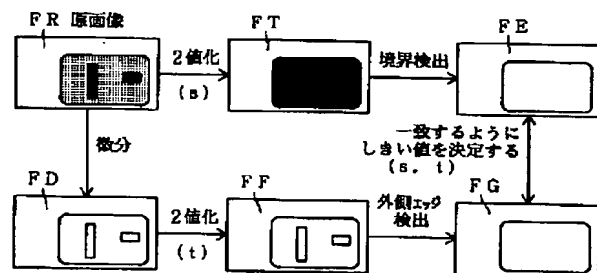
(54) 【発明の名称】 画像の2値化方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 対象物の内部にエッジが含まれている場合であっても、対象物の外形又は輪郭を正しく抽出することを目的とする。

【解決手段】 原画像FRを第1のしきい値sで2値化した2値化画像FTから境界を抽出して境界画像FEを得る。また、原画像FRを微分した微分画像FDを第2のしきい値tで2値化して微分2値化画像FFを得て、その微分2値化画像FFの外側エッジを抽出して外側エッジ画像FGを得る。境界画像FEと外側エッジ画像FGとが比較され、その一致度が高くなるようなしきい値s, tの組が決定され、決定されたしきい値sを用いて原画像FRの2値化が行われる。

本発明の原理を模式的に示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】濃淡画像である原画像を 2 値化する方法であって、
前記原画像を第 1 のしきい値で 2 値化して得られる画像の境界部分と、前記原画像を微分した画像を第 2 のしきい値で 2 値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が高くなるように、前記第 1 及び第 2 のしきい値をそれぞれ決定し、決定した第 1 のしきい値で前記原画像を 2 値化する、
ことを特徴とする画像の 2 値化方法。

【請求項 2】濃淡画像である原画像を第 1 のしきい値で 2 値化して得られる画像の境界部分と、前記原画像を微分した画像を第 2 のしきい値で 2 値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が高くなるように、前記第 1 のしきい値を決定する画像の 2 値化のためのしきい値の決定方法。

【請求項 3】入力された濃淡画像である原画像を格納する原画像格納手段と、
前記原画像を微分して微分画像を得る微分手段と、
前記原画像を第 1 のしきい値で 2 値化して得られる画像の境界部分と、前記微分画像を第 2 のしきい値で 2 値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が高くなるように、前記第 1 及び第 2 のしきい値をそれぞれ決定するしきい値決定手段と、
決定された前記第 1 のしきい値によって前記原画像を 2 値化する 2 値化手段と、
を有してなることを特徴とする画像の 2 値化装置。

【請求項 4】入力された濃淡画像である原画像を格納する原画像格納手段と、
入力された微分画像を格納する微分画像格納手段と、
前記原画像を第 1 のしきい値で 2 値化して得られる画像の境界部分と、前記微分画像を第 2 のしきい値で 2 値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が高くなるように、前記第 1 及び第 2 のしきい値をそれぞれ決定するしきい値決定手段と、
決定された前記第 1 のしきい値によって前記原画像を 2 値化する 2 値化手段と、
を有してなることを特徴とする画像の 2 値化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像の 2 値化方法及び装置に関し、例えば与えられた画像の中に映っている対象物の輪郭を抽出してその対象物を認識するために利用される。

【0002】物体を撮影した画像を 2 値化してその物体の輪郭又は形状を認識する技術は、組み立て工程における自動化のために不可欠な技術である。また、コンピュータによる画像合成又は画像変換などを行うに当たって、原画像から対象物の輪郭を抽出する際に、例えば人の顔の画像から顔の輪郭又は目や鼻の位置を抽出する際

に、画像の 2 値化が行われる。

【0003】画像の 2 値化を行うに当たりそのしきい値が不適切であると、抽出される輪郭は実際の対象物とは全く異なったものになることがあるので、しきい値を適切に設定した上で 2 値化を行う必要がある。

【0004】

【従来の技術】従来より、画像の 2 値化方法として次の 3 つの方法がある。

① 固定しきい値法

- 10 この方法は、実験などによって決定した固定値をしきい値とする方法であり、簡便ではあるが対象となる画像の変化に弱いという欠点がある。

② 判別分析法

- 20 この方法は、対象となる画像について、各濃度値毎にその濃度値を持つ画素の個数を表した濃度ヒストグラム作成してそれを 2 つのクラスに分割し、分割の境界をしきい値とする。その際に、クラス間分散が最大となるようにしきい値を定める。しかしこの方法は、画素の位置情報を利用していないので、物体の抽出には不向きである。

③ エッジと境界が一致するようにしきい値を決定する方法

- 30 この方法は、原画像を第 1 のしきい値で 2 値化して得られる画像の境界部分と、原画像を微分した画像を第 2 のしきい値で 2 値化して得られる画像（エッジ）との一致度が高くなるように、2 つのしきい値をそれぞれ決定し、そのうちの第 1 のしきい値を用いて 2 値化を行う方法である（例えば、鳥生、岩瀬、後藤、「最小値フィルタを利用した 2 値化のしきい値選択法」、信学論、J 72-D-II, pp 1800-1806, 1989、又は特開平 1-184583 号）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した 3 番目の方法（以下「従来方法」という）では、物体の内部にエッジが存在する場合には、そのエッジの影響を受けてしまうために物体の輪郭を旨く抽出することができないという欠点がある。これについて、具体例によって説明する。

- 40 【0006】図 5 に示す原画像 F R 1 を第 1 のしきい値 V s で 2 値化すると、しきい値 V s の値の大小に応じて、例えば図 6 (A) 又は図 6 (C) に示す 2 つの 2 値化画像 F T 1, 2 が得られる。つまり、物体画像のどの部分の濃度値よりも低いしきい値 V s 1 を用いた場合には 2 値化画像 F T 1 が得られ、物体画像の周縁部と内方の歯形状部との中間の濃度値のしきい値 V s 2 を用いた場合には 2 値化画像 F T 2 が得られる。

- 50 【0007】これらの 2 値化画像 F T 1, 2 から境界部分を抽出すると、それぞれ図 6 (B) 又は図 6 (D) に示す境界画像 F E 1, 2 が得られる。一方、原画像 F R 1 を微分すると、図 7 (A) に示す微分画像 F D 1 が得

られる。この微分画像FD1において、原画像FR1がシャープな画像である場合にはエッジ部分の濃度値が高くなっており、したがって、微分画像FD1を第2のしきい値 V_t1 、2で2値化した場合に、いずれの場合においても、図7(B)に示す微分2値化画像(エッジ画像)FF1が得られる。

【0008】従来においては、2値化画像FT1、2と微分2値化画像FF1とが比較され、その一致度の高い方のしきい値 V_s 、 V_t が選定される。そうすると、2値化画像FT2の方が2値化画像FT1よりも多くの有効画素(濃度値が1である画素)を含んでいるため、しきい値 V_s2 が選定され、その結果、2値化画像FT2が出力される。しかし、2値化画像FT2は物体の外形又は輪郭を表すものではない。

【0009】上述した原画像FR1のような特徴を示す物体は、例えばプラスチックの成形品、鋳物製品、内部形状の複雑な製品、多くの模様が描かれた製品などにしばしば見られる。したがって、従来方法によるときは、これらの物体の外形又は輪郭を正しく認識することができないので、例えばロボットでこれらの物体を把持するための対象物認識のための方法として適用することができない。

【0010】本発明は、上述の問題に鑑みてなされたもので、対象物の内部にエッジが含まれている場合であっても、対象物の外形又は輪郭を正しく抽出することのできる画像の2値化方法及び装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】図1は請求項1の発明の原理を模式的に示す図である。図1において、原画像FRを第1のしきい値 s によって2値化した2値化画像FTから境界を抽出して境界画像FEを得る。また、原画像FRを微分した微分画像FDを第2のしきい値 t によって2値化して微分2値化画像FFを得て、その微分2値化画像FFの外側エッジを抽出して外側エッジ画像FGを得る。境界画像FEと外側エッジ画像FGとが比較され、その一致度が高くなるようなしきい値の組(s 、 t)が決定され、決定されたしきい値のうちの原画像FRの2値化に用いられたしきい値 s によって原画像FRの2値化が行われる。

【0012】しきい値 s の決定に当たっては、種々のしきい値について原画像FRに対する2値化、境界の抽出、微分などの処理を実際に行って、最適のしきい値を決定してもよい。また、そのような処理を実際には行うことなく、演算によって最適のしきい値 s を決定してもよい。なお、これら2つのしきい値 s 、 t は、互いに異なる値の場合もあるし、互いに同じ値の場合もある。

【0013】請求項2の発明に係る方法は、濃淡画像である原画像を第1のしきい値で2値化して得られる画像の境界部分と、前記原画像を微分した画像を第2のしき

い値で2値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が高くなるように、前記第1及び第2のしきい値をそれぞれ決定し、そのうちの第1のしきい値を原画像の2値化のためのしきい値として決定する方法である。

【0014】請求項3の発明に係る装置は、入力された濃淡画像である原画像を格納する原画像格納手段と、前記原画像を微分して微分画像を得る微分手段と、前記原画像を第1のしきい値で2値化して得られる画像の境界部分と、前記微分画像を第2のしきい値で2値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が高くなるように、第1及び第2のしきい値をそれぞれ決定するしきい値決定手段と、決定された前記第1のしきい値によって前記原画像を2値化する2値化手段と、を有してなる。

【0015】請求項4の発明に係る装置は、前記微分手段に代えて、入力された微分画像を格納する微分画像格納手段を有する。なお、本発明における濃淡画像とは、濃度に階調性を実質的に有している画像であり、例えばフルカラー画像も含まれる。

【0016】

【発明の実施の形態】図2は本発明に係る第1の態様の画像2値化装置1を示すブロック図、図4は画像2値化装置1における処理内容を示すフローチャートである。

【0017】図2において、画像2値化装置1は、原画像格納部11、2値化処理部12、画像出力部13、微分処理部14、及びしきい値決定部15からなっている。原画像格納部11は、入力される原画像FRのデータ(原画像データ)DRを格納する。2値化処理部12は、しきい値決定部15から与えられるしきい値(第1のしきい値) V_s を用いて原画像FRの2値化を行う。画像出力部13は、最終的に決定されたしきい値 V_s によって2値化された画像データDGを外部に出力する。

【0018】微分処理部14は、原画像FRのエッジを抽出するために、原画像FRに対して微分処理を行い、微分画像データDDを出力する。しきい値決定部15は、原画像FRと、原画像FRを微分して得られた微分画像FDとに基づいて、最適のしきい値 V_s を決定する。しきい値 V_s の決定に当たっては、原画像FRをしきい値 V_s で2値化して得られる画像の境界部分と、微分画像FDを別のしきい値 V_t で2値化して得られる画像の外側エッジ部分との一致度が最大となるような、そのようなしきい値 V_s 、 V_t の組を決定し、そのうちの1つのしきい値 V_s を原画像FRの2値化のためのしきい値として決定する。これら2つのしきい値 V_s 、 V_t は、互いに異なる値の場合もあるし、互いに同じ値の場合もある。

【0019】微分処理部14においては、種々のしきい値 V_s 、 V_t について原画像FRに対する2値化、境界の抽出、微分などの処理を実際に行って、最適のしきい値 V_s を決定してもよく、また、そのような処理を実際には行うことなく、例えば後述するような手法で計算に

よって最適のしきい値 V_s を決定してもよい。

【0020】図4において、まず、原画像データDRを読み込んで原画像格納部11に格納する(#1)。格納された原画像データDRに対し、微分処理部14で微分処理を行う(#2)。しきい値決定部15において、一致度を最大にするしきい値 V_s 、 V_t を演算により求める(#3)。2値化処理部12において、求めたしきい値 V_s を用いて原画像データDRに対して2値化処理を行い(#4)、2値化された画像データDGを出力する(#5)。

【0021】次に、画像2値化装置1の処理動作を、図5に示す原画像FRを用いた場合について具体的に説明する。原画像FRに対する2値化、境界の抽出、微分などについては従来の技術の項において説明したとおりであるので、ここでの説明は省略する。画像2値化装置1においては、さらに微分2値化画像FF1の外側エッジを抽出し、外側エッジ部分の画像(外側エッジ画像)FG1と境界画像FE1、2とを比較してその一致度が最大となるようなしきい値 V_s 、 V_t を決定する。

【0022】外側エッジ画像FG1は、図7(C)に示すように、物体の輪郭を示すものであり、これと図6

(B)に示す境界画像FE1又は図6(D)に示す境界画像FE2とを比較すると、図6(B)に示す境界画像FE1の一致度が高いので、それに対応するしきい値 V_s が決定される。これによって、画像出力部13は、図6(A)に示す2値化画像FT1についての画像データDGを出力することとなる。

【0023】2値化画像FT1は、原画像FRにおける対象物の外形及び輪郭を正確に表したものであり、これ*

$$\begin{aligned} K(s, t) &= N(B_s \cap E_t) / N(B_s \cup E_t) \\ &= N(B_s \cap E_t) \\ &\quad / [N(B_s) + N(E_t) - N(B_s \cap E_t)] \\ &\dots\dots (1) \end{aligned}$$

但し、 $N(X)$ は集合Xの要素の個数を表し、 B_s はしきい値 s で $I(x, y)$ を2値化したときの境界の集合であり、 E_t はしきい値 t で $J(x, y)$ を2値化したときの外側エッジの集合である。

【0028】2値化とは、画像の各画素に対してその濃度値がしきい値以上ならばその画素の濃度値を1に、そ*

$$B_s = \{ (x, y) \mid I(x, y) \geq s \text{ and } I_{\min}(x, y) < s \}$$

..... (2)

但し、 $I_{\min}(x, y)$ は $I(x, y)$ に最小値フィルタを施した濃淡画像である。最小値フィルタとは、注目画素 (x, y) に対して、その近傍の画素での I の最小値を $I_{\min}(x, y)$ としたものである。

【0030】ここで、外側エッジを、微分画像 J を2値化してそれを指定された方向から見たときに一番最初に濃度値1になる画素のことであると定義する。例えば、図8に示す画像FF2の外側エッジは、左側から見たと

$$E_t = \{ (x, y) \mid J(x, y) \geq t \text{ and } J_{\min}(x, y) < t \}$$

*によって物体認識を正確に行うことができる。したがって、画像2値化装置1は、原画像FRに表れた物体をロボットで把持するための対象物認識のために利用することができる。

【0024】図3は本発明に係る第2の態様の画像2値化装置1Aを示すブロック図である。画像2値化装置1Aでは、微分処理部14に代えて微分画像格納部14aが設けられており、外部から原画像FRを微分した微分画像FDについてのデータ(微分画像データ)DDが10 入力され、それが微分画像格納部14aに格納される。微分画像格納部14aから読み出された微分画像データDは、画像2値化装置1の場合と同様にしきい値決定部15に出力される。この画像2値化装置1Aでは、微分処理部14が不要であるとともに、外部から与えられた原画像FRと微分画像FDに基づいて最適の2値化処理を行うことができる。

【0025】次に、画像2値化装置1における処理について、理論的な側面からさらに詳しく説明する。与えられた原画像を $I(x, y)$ 、それを微分して得られる微分画像を $J(x, y)$ とする。このとき、本発明の方法は次の評価関数 $K(s, t)$ を最大にするしきい値 s 及び t を求め、そのしきい値 s 及び t によって $I(x, y)$ 及び $J(x, y)$ を2値化するものである。

【0026】評価関数 $K(s, t)$ は、境界画像と外側エッジ画像との一致度を表しており、境界でありかつ外側エッジである画素の個数を、境界又は外側エッジである画素の個数で割ったものである。したがって評価関数 $K(s, t)$ は次の(1)式で示される。

【0027】

※うでないならば0にする処理である。ここでは、2値化された画像についての境界を、濃度値1を持ち且つ近傍に濃度値0の画素が存在する画素の集合であると定義している。したがって、次の(2)式が成り立つ。

【0029】

きに、1段目では3番目の画素、2段目では4番目の画素となる。複数の方向が指定された場合には、それぞれの方向で定まる外側エッジの和集合を取る。例えば、図8に示す画像FF2を左側と右側の両方から見たときの外側エッジは、1段目では3番目と4番目の画素、2段目では4番目と5番目の画素となる。したがって、次の(3)式が成り立つ。

【0031】

..... (3)

但し、

$$\begin{aligned}
 J_{\min}(x, y) &= \min [J_{x-}(x, y), J_{x+}(x, y), \\
 &\quad J_{y-}(x, y), J_{y+}(x, y), J(x, y)] \\
 J_{x-}(x, y) &= \max J(x', y) \quad x' < x \\
 J_{x+}(x, y) &= \max J(x', y) \quad x' > x \\
 J_{y-}(x, y) &= \max J(x, y') \quad y' < y \\
 J_{y+}(x, y) &= \max J(x, y') \quad y' > y
 \end{aligned}$$

..... (4)

である。なお、上の式は、上下左右4つの方向から見た場合の外側エッジを表している。例えば、外側エッジと*として左右のみから見たものを考える場合には、

$$J_{\min}(x, y) = \min [J_{x-}(x, y), J_{x+}(x, y), J(x, y)] \quad \text{..... (5)}$$

とする。上述の(3)式は次のように証明される。

【0032】すなわち、 E_t はしきい値 t で $J(x, y)$ を2値化したときの外側エッジの集合である。したがって、 $(x, y) \in E_t$ は、 $J(x, y) \geq t$ であり且つ次の条件のどれかが成り立つことと等価になる。

- ① 左から見た外側エッジ $x' < x$ を満たすすべての x' に対して $J(x', y) < t$
- ② 右から見た外側エッジ $x' > x$ を満たすすべての x' に対して $J(x', y) < t$
- ③ 上から見た外側エッジ $y' < y$ を満たすすべての y' に対して $J(x, y') < t$
- ④ 下から見た外側エッジ $y' > y$ を満たすすべての*

※ y' に対して $J(x, y') < t$

ここで、 $x' < x$ を満たすすべての x' に対して $J(x', y) < t$ が成り立つことと、 $J_{x-}(x, y) = \max_{x' < x} J(x', y) < t$ が成り立つことは等価であるので、(3)式は自明である。なお、画像面の左上端を座標の原点とし、右方及び下方に向かって座標値が増加するものとした。

【0033】次に、効率的に評価関数 $K(s, t)$ を計算する手法を説明する。この計算手法を用いることによって高速演算が可能となる。その準備のためにいくつかの記号を定義する。

【0034】

$$\begin{aligned}
 I(s) &= \{(x, y) \mid I(x, y) \geq s\} \\
 I_{\min}(s) &= \{(x, y) \mid I_{\min}(x, y) \geq s\} \\
 J(t) &= \{(x, y) \mid J(x, y) \geq t\} \\
 J_{\min}(t) &= \{(x, y) \mid J_{\min}(x, y) \geq t\}
 \end{aligned}$$

..... (6)

例えば、 $I(s)$ は、 I をしきい値 s で2値化したときに濃度値1となる画素の集合である。総ての (x, y) に対して、 $I(x, y) > I_{\min}(x, y)$ 、 $J(x, y) > J_{\min}(x, y)$ であるので、次の(7)式、

$$\begin{aligned}
 I(s) &\supset I_{\min}(s) \\
 J(t) &\supset J_{\min}(t) \quad \text{..... (7)}
 \end{aligned}$$

が成り立つことが分かる。したがって、 $I(s) \cap I_{\min}(s) = I_{\min}(s)$ などが成立する。また、次の★

$$\begin{aligned}
 N(B_s) &= N[I(s)] - N[I_{\min}(s)] \\
 N(E_t) &= N[J(t)] - N[J_{\min}(t)] \\
 N(B_s \cap E_t) &= N[I(s) \cap J(t)] \\
 &\quad - N[I_{\min}(s) \cap J(t)] \\
 &\quad - N[I(s) \cap J_{\min}(t)] \\
 &\quad + N[I_{\min}(s) \cap J_{\min}(t)]
 \end{aligned}$$

..... (9)

上述の(9)式の3番目の式は、集合 A, B, C について☆ ☆ての関係式である次の(10)式、

$$\begin{aligned}
 N(\neg A \cap \neg B \cap C) &= N(C) - N(A \cap C) \\
 &\quad - N(B \cap C) + N(A \cap B \cap C) \quad \text{..... (10)}
 \end{aligned}$$

において、 $A = I_{\min}(s)$ 、 $B = J_{\min}(t)$ 、 $C = I(s) \cap J(t)$ と置くことで示される。濃淡画像の

★(8)式、

$$\begin{aligned}
 B_s &= I(s) \cap \neg I_{\min}(s) \\
 E_t &= J(t) \cap \neg J_{\min}(t) \quad \text{..... (8)}
 \end{aligned}$$

が成り立つ。但し、 $\neg X$ は集合 X の補集合を表す。これらより、 $N(B_s)$ 、 $N(E_t)$ 、 $N(B_s \cap E_t)$ は、次の(9)式で表される。

【0035】

最小濃度値を0とすると、 $N[I(s)] = N[I(s) \cap J(0)]$ などが成り立つことに注意すると、(1)式及び(9)式より、評価関数 $K(s, t)$ の計算は、結局、4つの2次元累積ヒストグラム、 $N[I(s) \cap J(t)]$, $N[I_{\min}(s) \cap J(t)]$, $N[I(s) \cap J_{\min}(t)]$, $N[I_{\min}(s) \cap J_{\min}(t)]$ の計算に帰着することが分かる。

【0036】次に、これらの2次元累積ヒストグラムの計算を2次元ヒストグラムを用いて行う方法について述べる。画像Xと画像Yの2次元ヒストグラム $hist(X, Y)$ とは、2次元配列でその (i, j) 要素の値 $hist(X, Y)[i][j]$ が、画像Xが濃度値 i になり画像Yが濃度値 j になる画素の個数を表すものである。2次元ヒストグラムは、2つの画像を同時に1回走査する*

$hist(X, Y)[i][j] \leftarrow hist(X, Y)[i][j]$

② すべての j に対して $i = \text{最大濃度値} - 1$ から最小濃度値まで順に以下の計算を行う。

$hist(X, Y)[i][j] \leftarrow hist(X, Y)[i][j]$

③ 求める2次元累積ヒストグラム $chist$ は計算後の $hist$ に格納されている。

【0040】評価関数 $K(s, t)$ の最大値を探すには、濃淡画像の最小濃度値から最大濃度値までの数 m (多くの場合は $m = 256$)の2乗の大きさの4つの2次元累積ヒストグラムを全数探索し、総ての (s, t) の組み合わせにおける $K(s, t)$ の値を比較すればよい。これに必要な演算量は、 $O(m^2)$ である。2次元累積ヒストグラムは、画素の総数 n (例えば $n = 640 \times 480$)に比例した手間で作成できる2次元ヒストグラムを2回走査することで得られるので、 $O(n + m^2)$ の演算量で作成できる。したがって、 $K(s, t)$ の最大値は、 $O(n + m^2)$ の演算量で計算できる。これは実際に計算可能な大きさである。例えば、総てのしきい値について2値化などを行って適切なしきい値を求める方法では数時間を要するが、ここに述べた効率的な評価関数を計算する手法によると数分で行える。

【0041】次に、微分画像 FD を作成する方法の例について説明する。図10に示す2つのウィンドウ $WD1, 2$ を用いて空間フィルタ処理を行い、それらの絶対値の和又は2乗平均を微分画像 FD とする。その処理手順は次のとおりである。

① 初期化

注目画素を画像面の左上端に置く。

② ウィンドウ $WD1, 2$ との畳み込み演算

注目画素がウィンドウ $WD1, 2$ の中央になるように画像上にウィンドウ $WD1, 2$ を置き、ウィンドウ $WD1, 2$ 下の各画素の濃度値とウィンドウ $WD1, 2$ の各要素の値を掛け、それらをウィンドウ $WD1, 2$ の全要素にわたって足し合わせる。

*ことにより簡単に計算できる。

【0037】2次元累積ヒストグラム $chist(X, Y)$ とは、2次元配列でその (i, j) 要素の値 $chist(X, Y)[i][j]$ が、画像Xが濃度値 i 以上になり画像Yが濃度値 j 以上になる画素の個数を表すものである。したがって、 $chist(I, J)[s][t] = N[I(s) \cap J(t)]$ などが成立する。2次元累積ヒストグラム $chist(X, Y)$ は、2次元ヒストグラム $hist(X, Y)$ を大きい方から順に足し合わせていくことにより計算できる。2次元配列上で上書きして計算する方法の例を次に示す。

① すべての i に対して $j = \text{最大濃度値} - 1$ から最小濃度値まで順に以下の計算を行う。

【0038】

$hist(X, Y)[i][j] \leftarrow hist(X, Y)[i][j]$
 $+ hist(X, Y)[i][j+1]$

※【0039】

$hist(X, Y)[i][j] \leftarrow hist(X, Y)[i][j]$
 $+ hist(X, Y)[i+1][j]$

③ 微分画像への書き込み

2つのウィンドウ $WD1, 2$ に対する畳み込み演算の結果の絶対値の和を微分画像 J の対応する画素に書き込む。

④ 注目画素の移動

注目画素を1つ右に移動する。右端にきたときには1段下の左端に移動する。下へ行けないときには終了する。

⑤ 繰り返し

再びウィンドウ $WD1, 2$ との畳み込み演算を行う。

【0042】次に、 $I_{\min}(x, y)$ の作成方法の例について説明する。

① 初期化

注目画素を画像面の左上端に置く。

② 注目画素の近傍での最小値計算

注目画素の近傍 (例えば、上下左右斜めの8近傍、上下左右の4近傍など) での I の最小値をその画素での I_{\min} の濃度値とする。

③ 注目画素の移動

注目画素を1つ右に移動する。右端にきたときには1段下の左端に移動する。下へ行けないときには終了する。

④ 繰り返し

再び注目画素の近傍での最小値計算を行う。

【0043】次に、 $J_{x-}(x, y)$, $J_{x+}(x, y)$, $J_{y-}(x, y)$, $J_{y+}(x, y)$ の作成方法の例について説明する。なお、これら4つは互いに走査方向が異なるのみであるので、そのうちの $J_{x-}(x, y)$ についてのみ説明する。

① 初期化

注目画素を画像面の左上端に置く。一時的な変数 max を用意する。

② 行の先頭内での処理

各行の先頭で $\max = 0$ を代入する

③ 行内での最大値計算

\max の値をその画素での J_{x-} の濃度値とする。また、更新前の J_{x-} の濃度値を \max と比較して大きい方の値を \max に入れ直す。

④ 注目画素の移動

注目画素を1つ右に移動する。右端にきたときには1段下の左端に移動する。下へ行けないときには終了する。

⑤ 繰り返し

再び行の先頭での処理又は行内での最大値計算を行う。

【0044】例えば、図9に示す画像FF3を左側から走査した場合には、変数 \max の値は同図に示すようになる。図9でよく分かるように、上述の処理によると、変数 \max は画像FF3の画素値よりも1画素遅れて積算されていく。この場合に、例えば画素値が2以上で且つ J_{\min} が2未満の画素の位置は左から3番目である。

【0045】次に、 $J_{\min}(x, y)$ の作成方法の例について説明する。

① 初期化

注目画素を画像面の左上端に置く。

② 注目画素での最小値計算

注目画素における J_{x-} などの濃度値の中で最小のものをその画素での J_{\min} の濃度値とする。

③ 注目画素の移動

注目画素を1つ右に移動する。右端にきたときには1段下の左端に移動する。下へ行けないときには終了する。

⑤ 繰り返し

再び注目画素での最小値計算を行う。

【0046】次に、2次元ヒストグラム $\text{hist}(X, Y)$ の作成方法の例について説明する。

① 初期化

注目画素を画像面の左上端に置く。 i, j の総ての組み合わせに対して $\text{hist}(X, Y)[i][j] = 0$ とする。

② 注目画素でのヒストグラム加算

注目画素における画像Xの濃度値を i 、画像Yの濃度値を j として、 $\text{hist}(X, Y)[i][j]$ の値を1つ増す。

③ 注目画素の移動

注目画素を1つ右に移動する。右端にきたときには1段下の左端に移動する。下へ行けないときには終了する。

④ 繰り返し

再び注目画素でのヒストグラム加算を行う。

【0047】次に、 $K(s, t)$ の最大値計算方法の例について説明する。

① 初期化

$s, t = 0$ とする。一時的な変数 \maxs, \maxt, \maxK を用意する。 $\maxK = 0$ としておく。

② $K(s, t)$ の計算

今の s, t に対して、 $K(s, t)$ の値を計算する。

③ 最大値の置き換え

もし、 $K(s, t)$ が \maxK よりも大きい場合には、その値で \maxK を置き換えるとともに、 \maxs, \maxt に s, t を代入する。

④ s, t の変更

t を1増やす。 t がそれ以上増やせないときには、 $t = 0$ として s を1増やす。 s もそれ以上増やせないときには終了する。

10 ⑤ 繰り返し

再び $K(s, t)$ の計算を行う。

【0048】上述したように、図5の原画像FRを2値化する場合には、図7(B)に示す微分2値化画像FF1を上下左右4つの方向から見て得られる外側エッジ画像FG1を用いるが、例えば、図11(A)に示すような微分2値化画像FF4である場合には、上と左右の3つの方向から見て外側エッジ画像FGを得ることとなる。また、図11(B)に示すように、微分2値化画像FF5が入り組んだ形状のものである場合には、その入り組んだ内部にある位置を始点として走査を行う。

【0049】

【発明の効果】請求項1乃至請求項6の発明によると、対象物の内部にエッジが含まれている場合であっても、対象物の外形又は輪郭を正しく抽出することができる。

【0050】請求項2の発明によると、外側エッジ部分の抽出が容易である。請求項6の発明によると、微分手段が不要であるとともに、外部から与えられる原画像と微分画像に基づいて最適の2値化処理を行うことができる。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を模式的に示す図である。

【図2】本発明に係る第1の態様の画像2値化装置を示すブロック図である。

【図3】本発明に係る第2の態様の画像2値化装置を示すブロック図である。

【図4】画像2値化装置における処理内容を示すフローチャートである。

【図5】原画像の例を示す図である。

40 【図6】図5に示す原画像から得られる2値化画像及び境界画像の例を示す図である。

【図7】図5に示す原画像から得られる微分画像及び外側エッジ画像の例を示す図である。

【図8】外側エッジの抽出過程を説明するための画像の画素値の例を示す図である。

【図9】外側エッジの抽出過程を説明するための図である。

【図10】微分演算ウィンドウの例を示す図である。

【図11】外側エッジ画像の例を示す図である。

【符号の説明】

50 1, 1A 画像2値化装置(2値化装置)

13

14

- 1 1 原画像格納部（原画像格納手段）
 1 2 2値化処理部（2値化手段）
 1 4 微分処理部（微分手段）

- 1 4 a 微分画像格納部（微分画像格納手段）
 1 5 しきい値決定部（しきい値決定手段）
 FR 原画像

【図1】

【図5】

【図7】

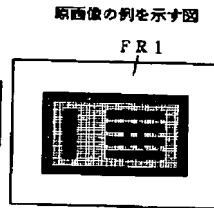
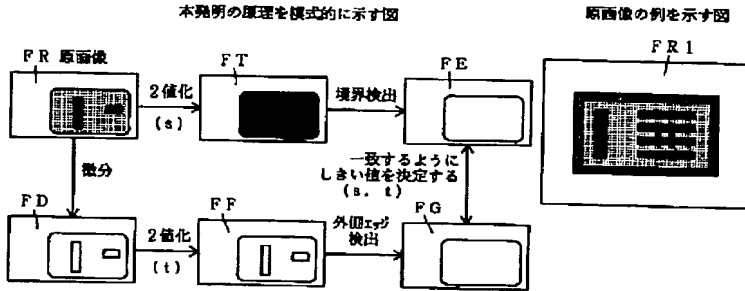
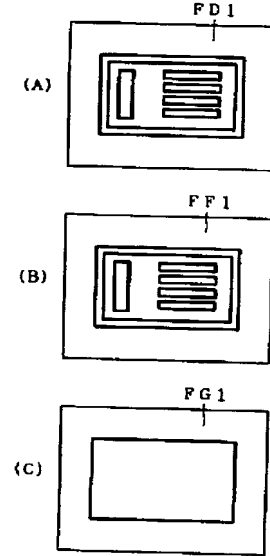


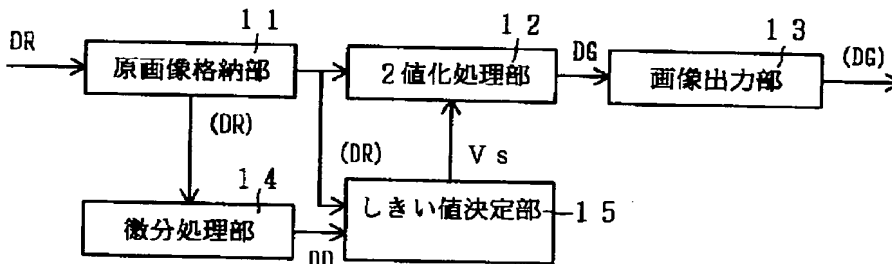
図5に示す原画像から得られる微分画像
 及び外側エッジ画像の例を示す図



【図2】

本発明に係る第1の態様の画像2値化装置を示すブロック図

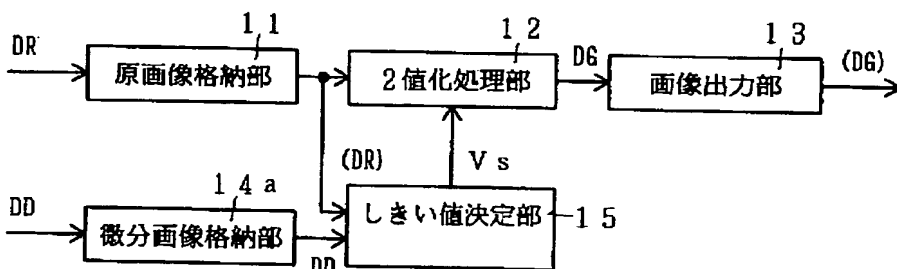
1 画像2値化装置



【図3】

本発明に係る第2の態様の画像2値化装置を示すブロック図

1 A



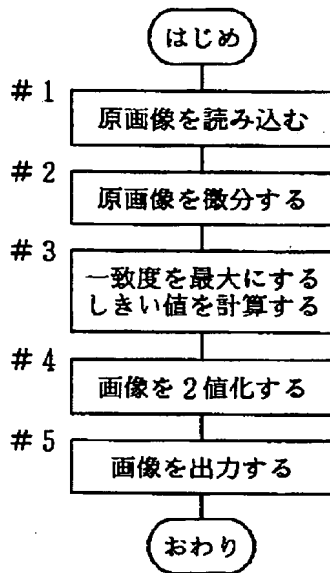
【図10】

微分演算ウィンドウの例を示す図

WD 1	WD 2
-1 0 1	-1 -2 -1
-2 0 2	0 0 0
-1 0 1	1 2 1
X方向微分	Y方向微分

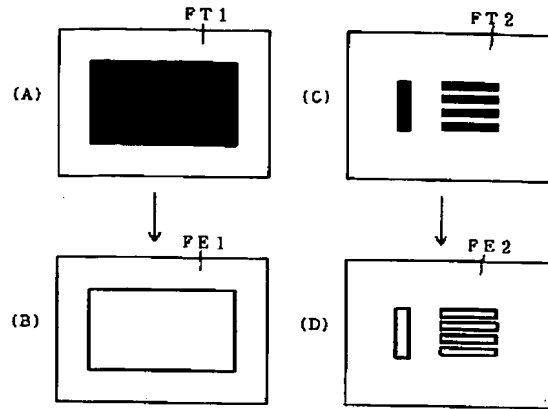
【図 4】

画像 2 値化装置における処理内容を
示すフローチャート



【図 6】

図 5 に示す原画像から得られる 2 値化画像及び境界画像の例を示す図



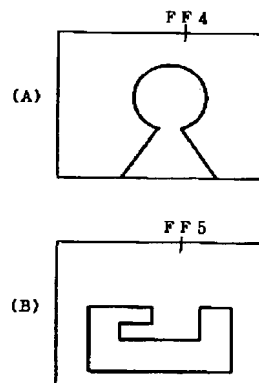
【図 9】

外側エッジの抽出過程を説明するための図

FP 3	0	1	2	1	3	1	2	0	0
max	0	0	1	2	2	3	3	3	3

【図 11】

微分 2 値化画像の例を示す図



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)